

## بررسی میزان مواجهه شغلی با پرتوهای غیریونساز و اثر بخشی وسایل حفاظت فردی در انواع جوشکاری قوس الکتریکی متداول

امیر علی آبادی<sup>۱</sup>، قاسم حسام<sup>۲</sup>، زهرا مرادپور<sup>۳\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۹/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱

### چکیده

**مقدمه:** فرایند جوشکاری به عنوان یکی از مهم ترین منابع مواجهه شغلی با پرتوهای غیریونساز در محیط های کاری محسوب می گردد. هدف از مطالعه حاضر بررسی میزان مواجهه شغلی با پرتوهای غیریونساز در انواع فرایندهای جوشکاری متداول بود.

**مواد و روش ها:** در این مطالعه توصیفی تحلیلی مواجهه شغلی با انواع پرتوهای غیریونساز شامل میدان های الکترومغناطیس با فرکانس فوق العاده پایین، فرابنفش و فروسرخ در پنج نوع فرایند جوشکاری قوسی در واحد جوشکاری مرکز فنی و حرفه ای شهرستان ملایر مورد بررسی قرار گرفت. شدت میدان های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس فوق العاده پایین مطابق با روش موسسه استاندارد ملی آمریکا (ANSI/IEEE Std 644-1994) و با استفاده از دستگاه سنجش مدل HI-3604 شرکت HOLADAY آمریکا و شدت پرتوهای فرابنفش و فروسرخ نیز توسط دستگاه سنجش مدل EC1 شرکت HAGNER سوئد اندازه گیری شد.

**یافته ها:** شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی در انواع جوشکاری ها بسیار پایین تر از حد مجاز قرار داشت. شدت پرتو UV-B در مواجهه جوشکاران در انواع جوشکاری ها بالاتر از حد مجاز قرار داشت. باین حال شدت پرتو UV-A تنها در جوشکاری برق بالاتر از حد مجاز شغلی قرار داشت. نتایج اندازه گیری شدت پرتوهای فرابنفش عبوری از عینک های حفاظتی نشان دهنده مطلوبیت درجه تیرگی عینک های حفاظتی بود. باین حال قدرت حفاظت دهی لباس جوشکاران نامطلوب تعیین گردید. علاوه بر این، نتایج نشان داد میزان مواجهه جوشکاران با امواج فروسرخ بسیار پایین تر از حد مجاز شغلی می باشد.

**نتیجه گیری:** شدت مواجهه با پرتوهای غیریونساز تحت تأثیر نوع فرایند جوشکاری قرار داشت. با توجه به مواجهه بیش از حد جوشکاران با پرتو فرابنفش در شرایط بدون حفاظ، استفاده از لباس با قدرت حفاظت دهی معادل ۵۰ جهت دستیابی به حفاظت دهی بیشتر ضروری می باشد.

**کلمات کلیدی:** پرتوهای غیریونساز، فرایندهای جوشکاری، مواجهه شغلی

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد، دانشکده مهندسی متالورژی و مواد، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. مربی گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران.

۳. \* (نویسنده مسئول) دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران، پست الکترونیکی: zm.moradpoor1989@yahoo.com

## مقدمه

کاربرد گسترده انرژی الکتریکی در دنیای امروز موجب گردیده که میدان‌های الکترومغناطیس به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های ثابت محیط‌های صنعتی و زندگی محسوب گردند. میدان‌های الکترومغناطیس ناشی از خطوط انتقال نیرو، پست‌های فشار قوی برق، وسایل الکتریکی موجود در صنایع و کارخانجات، موسسات، منازل و غیره سبب شده است انسان بیش از پیش در معرض مخاطرات ناشی از این میدان‌ها قرار گیرد (۱).

بخشی از طیف الکترومغناطیسی، که انرژی آن‌ها برای یونیزاسیون ماده مورد تابش کافی نیست پرتوهای غیریونساز نامیده می‌شود. به دلیل احتمال بروز عوارضی نظیر تغییرات خونی، تأثیر در سیستم‌های عصبی، دگرگونی‌های ژنتیک و رشد سلول‌های سرطانی، مواجهه با امواج الکترومغناطیس سبب نگرانی جوامع شده است (۲). مطالعات بسیاری در مورد اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس فوق‌العاده پایین در محیط‌های شغلی صورت گرفته است. برخی از این مطالعات در خصوص بررسی ارتباط بین طیف مغناطیسی با فرکانس بسیار پایین و بروز لوسمی و تومور مغزی می‌باشد. تحلیل تومورهای مغزی و لوسمی بر مبنای مطالعات انجام شده، نشان دهنده ریسک بالای بروز آنها در ارتباط با مواجهه با امواج بوده است (۳، ۴).

یکی از فرایندهای صنعتی که کارگران در مواجهه شغلی با میدان‌های الکترومغناطیس قرار دارند فرایند جوشکاری و استفاده از ماشین‌های جوشکاری الکتریکی می‌باشد. در کشورهای صنعتی ۰/۲ الی ۲ درصد از جمعیت کارگران را جوشکاران تشکیل می‌دهند (۵).

جوشکاری روند اتصال است که در آن فلزی گرم و ذوب شده و با فلز پایه ترکیب، تا اتصالی شبیه به یکدیگر تولید کند. عمده فرایندهای جوشکاری برق شامل جوشکاری قوسی با الکتروود روپوش دار، جوشکاری قوسی با الکتروود فلزی تحت پوشش گاز محافظ (گاز خنثی و گاز فعال)، جوشکاری قوسی زیر پودری، جوشکاری قوسی تو پودری و جوشکاری مقاومتی است.

جوشکاران نماینده گروهی از کارگران برق کار هستند که در مواجهه با میدان‌های مغناطیسی با فرکانس فوق‌العاده پایین می‌باشند (۶). استاچلی و لکایر در سال ۱۹۸۹ با اندازه‌گیری میدان مغناطیسی در ۱۰ سانتی متری تنه ۲۲ جوشکار قوس الکتریکی، شدت میدان را در

مجله ارگونومی، دوره ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳

حدود چند صد میکرو تسلا گزارش کردند (۷). در مطالعه دیگری که در سال ۱۹۸۸ توسط بومن و همکاران انجام شد، میدان مغناطیسی را در اطراف ۸ جوشکاری گاز اندازه‌گیری کردند که شدت آن را ۴ تا ۹۰ میکرو تسلا گزارش کردند (۸).

مطالعه اثرات میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس فوق‌العاده پایین بر تغییرات خونی و پارامترهای ایمونولوژیک نشان داده است که تعدادی از پارامترهای مورد اندازه‌گیری در جوشکاران نسبت به گروه کنترل دچار تغییر شده است (۹).

همچنین قوس الکتریکی مربوط به جوشکاری، سطوح بالایی از تابش فرابنفش و فروسرخ را ساطع می‌کند و تعداد زیادی از کارگران نیز در معرض ریسک و عوارض سلامتی ناشی از آن قرار دارند. نه تنها جوشکاران حرفه‌ای و کارگرانی که بطور متناوب جوشکاری انجام می‌دهند، بلکه تمام کارگرانی که در محیط‌های کار جوشکاری، وظایف دیگری از قبیل مونتاژ، کار با جرثقیل و ... را انجام می‌دهند در مواجهه با پرتوها قرار دارند (۱۰).

مطالعات اخیر نشان داده است که مواجهه قرنیه با تابش‌های فرابنفش و مادون قرمز، تغییرات پاتولوژیکی در ساختار آن ایجاد می‌کند (۱۱). مواجهه حاد قرنیه با تابش فرابنفش موجب ایجاد ورم ملتحمه (برق‌زدگی) می‌شود درحالی‌که مواجهه مزمن و مکرر موجب ایجاد اثرات در اپیتلیوم و بخش قدامی قرنیه می‌گردد (۱۳). یک مطالعه میکروسکوپی هم نشان داده است که اپیتلیوم قرنیه به تابش فرابنفش واکنش نشان می‌دهد. همچنین مواجهه مزمن با تابش فرابنفش، باعث اختلالات آندوتلیال می‌گردد (۱۴).

ریسک سرطان‌زایی فرابنفش در مواجهه‌های شغلی مزمن از جمله فرایند جوشکاری شامل احتمال بروز سه نوع سرطان پوست سلول‌های بازال، سلول‌های فلکی و ملانوما می‌باشد. علاوه بر این پیری و چروکیدگی پوست از جمله اثرات مزمن مواجهه شغلی با پرتوهای فرابنفش است. بنابراین پوست و چشم جوشکاران در مواجهه‌های حاد و مزمن در معرض صدمات جدی قرار دارد (۱۵).

علیرغم این که تعداد زیادی از افراد به‌عنوان جوشکار در صنایع سبک و سنگین کشورمان مشغول به کار هستند با این حال مطالعات چندانی در خصوص بررسی میزان مواجهه شغلی جوشکاران با پرتوهای غیریونساز در انواع فرایندهای جوشکاری انجام نشده است. هدف از

(۲)  $H =$  میزان میدان مغناطیسی بر حسب A/m

$$n = \text{تعداد نقاط اندازه گیری}$$

$$H = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i^2 \right]^{1/2}$$

$$H_i = \text{میزان میدان مغناطیسی در هر نقطه}$$

جهت اندازه گیری میزان پرتوهای ماوراء بنفش و فروسرخ به ترتیب از دستگاه‌های UV meter مدل HAGNER-EC1، نورسنج HAGNER با قابلیت نصب دکتورهای خارجی برای سنجش UV-B و IR meter مدل HAGNER-EC1 استفاده شد. بنابراین در ۵ نوع جوشکاری مورد نظر، تابش‌های فرابنفش نزدیک، دور و مادون قرمز نزدیک نیز اندازه گیری شدند. نحوه اندازه گیری به این صورت بود که دو ناحیه از بدن برای برآورد میزان پرتوهای دریافت شده توسط چشم و تمام بدن انتخاب شد؛ سر برای برآورد میزان پرتوی دریافتی توسط چشم و سینه جهت برآورد میزان پرتوی دریافتی توسط تمام بدن در نظر گرفته شد. جهت بررسی کارایی حفاظت دهی عینک مورد استفاده توسط جوشکاران، میزان شدت پرتوی UV-B قبل و بعد از عینک جوشکاری اندازه گیری شد. جهت تعیین درجه تیرگی عینک‌های حفاظتی مورد استفاده در این نوع جوشکاری‌ها نیز از رابطه شماره ۳ توصیه شده توسط موسسه استاندارد ملی آمریکا استفاده گردید (۱۸).

(۳) S: درجه تیرگی عینک (بدون بعد)

$$T_L: \text{میزان پرتو فرابنفش عبوری از عینک بر حسب درصد}$$

$$s = \frac{7}{3} \log_{10} \frac{1}{T_L} + 1$$

اطلاعات حاصل از اندازه گیری پرتوهای غیریونساز توسط نرم افزار SPSS 16 مورد تحلیل قرار گرفت.

### یافته‌ها

نتایج اندازه گیری شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس فوق العاده پایین برای انواع جوشکاری‌ها در شکل ۱ و ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی در انواع جوشکاری‌ها بسیار پایین تر از حد مجاز توصیه شده می باشد. حدود مجاز مواجهه شغلی با شدت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در محدوده فرکانس فوق العاده پایین طبق حدود مجاز شغلی ایران بر گرفته از ICNIRp به ترتیب ۱۰ KV/m و ۴۰۰ A/m یا ۵mT/۰

مطالعه حاضر تعیین میزان مواجهه شغلی با پرتوهای غیریونساز و اثربخشی وسایل حفاظتی کارگران در انواع فرایندهای جوشکاری قوس الکتریکی متداول بود.

### مواد و روش‌ها

در این مطالعه توصیفی تحلیلی مواجهه شغلی با انواع پرتوهای غیریونساز شامل میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس فوق العاده پایین، ماوراء بنفش و فرو سرخ در پنج نوع فرایند جوشکاری قوسی شامل جوشکاری قوسی با الکترودهای سلولزی، رتیلی و قلیایی، جوشکاری قوسی توپودری و جوشکاری قوسی با گاز محافظ فعال (دی اکسید کربن) در مرکز فنی و حرفه‌ای شهرستان ملایر مورد بررسی قرار گرفت. مدت زمان نوبت کاری کارآموزان جوشکار مورد مطالعه به طور متوسط ۶ ساعت در روز و ۵ روز در هفته فعالیت بوده است.

در این مطالعه برای هریک از پنج نوع فرایند جوشکاری مورد بررسی، پنج ایستگاه کاری بطور تصادفی جهت اندازه گیری انتخاب شد. در مجموع ۲۵ ایستگاه کاری انتخاب گردید که در هر یک از این ایستگاه‌ها چهار پرتو مهم غیریونساز ساطع شده از فرایند جوشکاری شامل میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس فوق العاده پایین (ELF)، فرابنفش نزدیک (UV-A)، فرابنفش متوسط (UV-B) و فروسرخ نزدیک (IR-A)، اندازه گیری شد.

اندازه گیری شدت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس فوق العاده پایین مطابق روش پیشنهادی انستیتوی استاندارد ملی آمریکا و با استفاده از دستگاه سنجش HI-3604 شرکت HOLADAY آمریکا صورت گرفت. اندازه گیری شدت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس فوق العاده پایین در پنج ارتفاع سر، سینه، شکم، ران و ساق پا انجام گردید. سپس برای برآورد میزان مواجهه تمام بدن با میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، با توجه به نتایج بدست آمده مربوط به پنج ناحیه اندازه گیری شده از بدن، از روابط محاسباتی شماره ۱ و ۲ استفاده گردید (۱۶، ۱۷):

(۱)  $E =$  میزان میدان الکتریکی بر حسب V/m

$$n = \text{تعداد نقاط اندازه گیری}$$

$$E_i = \text{میزان میدان الکتریکی در هر نقطه}$$

$$E = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i^2 \right]^{1/2}$$

B در جوشکاری با گاز محافظ و کمترین میزان مواجهه در جوشکاری برق با الکتروسلولزی می‌باشد.

نتایج آزمون آماری نشان داد شدت پرتو فرابنفش متوسط UVB در مواجهه با تمام بدن در انواع جوشکاری‌ها دارای اختلاف معنی‌داری است ( $Pvalue < 0.001$ ).

حد مجاز برای حفاظت پوست و چشم در مقابل اشعه ماورابنفش در ناحیه UVB براساس رابطه شماره ۴ قابل محاسبه است (۱۵).

(۴)

$$t = \frac{0.003}{E_{eff}} \quad T: \text{زمان مواجهه بر حسب ثانیه}$$

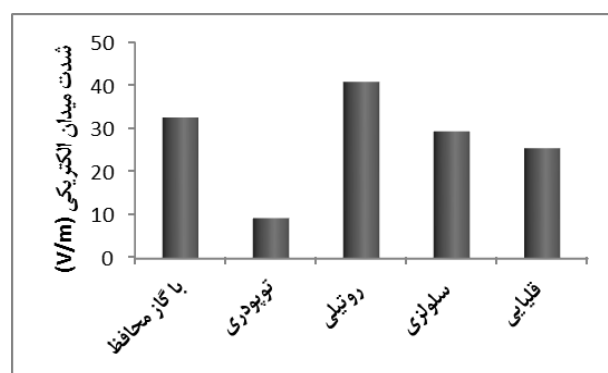
$$E_{eff}: \text{شدت اشعه ماورابنفش (W/cm}^2\text{)}$$

برای ۶ ساعت مواجهه شغلی با UVB میزان حد مجاز برابر  $W/m^2$  ۰/۰۰۱۴ می‌باشد. با توجه به مقادیر شدت پرتو ماورابنفش در انواع جوشکاری حداکثر مدت زمان مجاز مواجهه چشم و پوست بدون محافظت با اشعه ۲۰ ثانیه محاسبه گردید. با استفاده از عینک محافظتی و لباس مناسب مدت زمان مجاز مواجهه به بیش از ۸ ساعت کار روزانه افزایش می‌یابد.

جدول ۱: نتایج اندازه‌گیری شدت امواج فرابنفش متوسط UVB برای انواع جوشکاری‌ها بر حسب  $(W/m^2)$

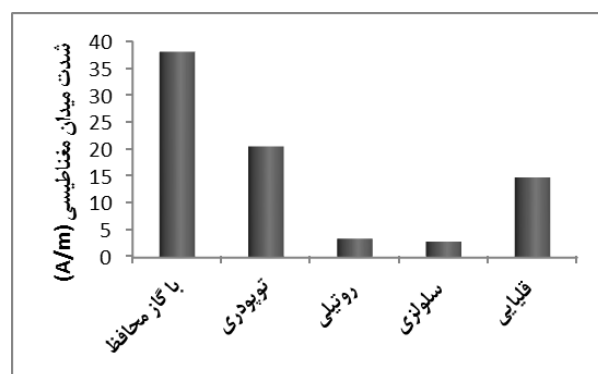
انحراف معیار $\pm$ میانگین				
انواع جوشکاری	تعداد مشاهده‌ها	تمام بدن	چشم (قبل از عینک)	چشم (بعد از عینک)
جوشکاری با گاز محافظ	۵	$8.7 \pm 0.38$	$5.75 \pm 0.31$	$0.00019 \pm 0.00022$
جوشکاری توپودری	۵	$5.19 \pm 0.38$	$3.22 \pm 0.38$	$0.00007 \pm 0.00027$
جوشکاری با الکتروسلولزی	۵	$4.63 \pm 0.38$	$3.08 \pm 0.38$	$0.00007 \pm 0.00027$
جوشکاری با الکتروسلولزی	۵	$2.8 \pm 0.70$	$1.68 \pm 0.38$	$0.0001 \pm 0.00011$
جوشکاری با الکتروقلیایی	۵	$6.17 \pm 0.77$	$3.51 \pm 0.70$	$0.00014 \pm 0.00022$

می‌باشد. لازم به ذکر است حد مجاز مواجهه عمومی با میدان‌های مغناطیسی در محدوده فرکانس فوق‌العاده پایین برابر  $80 A/m$  یا  $0.1 mT$  است (۱۹). نتایج آزمون آماری نشان داد شدت میدان‌های الکتریکی در محدوده فرکانس فوق‌العاده پایین در انواع جوشکاری‌ها دارای اختلاف معنی‌داری است ( $Pvalue < 0.001$ ). نتایج آزمون آماری نشان داد شدت میدان‌های مغناطیسی در محدوده فرکانس فوق‌العاده پایین در انواع جوشکاری‌ها دارای اختلاف معنی‌داری است ( $Pvalue < 0.001$ ). بیشترین شدت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به ترتیب در جوشکاری برق رتیلی و با گاز محافظ می‌باشد.



شکل ۱: مقایسه مقادیر شدت میدان‌های الکتریکی در انواع جوشکاری‌ها

بر حسب  $V/m$



شکل ۲: مقایسه مقادیر شدت میدان‌های مغناطیسی در انواع جوشکاری‌ها

بر حسب  $A/m$

نتایج اندازه‌گیری شدت پرتو فرابنفش متوسط UVB در مواجهه با تمام بدن و چشم در انواع جوشکاری‌ها در جدول ۱ ارائه شده است که با توجه به کاهش تابش UVB تا زیر حد مجاز شغلی توسط این عینک‌ها، استفاده از عینک‌های با این درجه تیرگی، مناسب می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد بیشترین میزان مواجهه کارآموزان با امواج UV-

نتایج اندازه‌گیری امواج فروسرخ در انواع جوشکاری‌ها در جدول ۴ با این حال در خصوص مواجهه پوستی با پرتوهای فرابنفش جوشکاری با توجه به شدت بالای پرتو میزان UPF معادل ۵۰ توصیه شده است. میزان UPF معادل ۵۰ نشان دهنده آن است که کمتر از ۲ درصد از پرتو در مواجهه قابلیت عبور از لباس را دارا می‌باشد. با توجه به جنس لباس کارآموزان جوشکار میزان UPF آن معادل ۳۰ تعیین گردید که کمتر از حد توصیه شده می‌باشد. نتایج اندازه‌گیری امواج فرابنفش نزدیک در انواع جوشکاری‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد میزان مواجهه کارآموزان با امواج UV-A در جوشکاری‌های برق برای مواجهه ۶ ساعته بیشتر از حد مجاز می‌باشد. حد مجاز برای حفاظت پوست و چشم در مقابل اشعه UV-A براساس رابطه شماره ۵ قابل محاسبه است (۱۵).

$$t = \frac{10000}{E_{uva}} \quad \text{زمان مواجهه بر حسب ثانیه}$$

شدت اشعه ماورابنفش ( $W/m^2$ )

برای ۶ ساعت مواجهه شغلی با UV-A میزان حد مجاز برابر  $w/m^2$  ۰/۴۶ است. با توجه به مقادیر شدت پرتو ماورابنفش نزدیک در انواع جوشکاری حداکثر مدت زمان مجاز مواجهه چشم غیر مسلح با اشعه برای جوشکاری‌های برق بین ۲/۲۲ تا ۲/۸۹ ساعت محاسبه می‌گردد. با استفاده از عینک مدت زمان مجاز مواجهه به بیش از ۸ ساعت کار روزانه افزایش می‌یابد.

جدول ۳: نتایج اندازه‌گیری امواج فرابنفش نزدیک در انواع جوشکاری‌ها بر حسب  $w/m^2$

انواع جوشکاری	تعداد مشاهدات برای هر ناحیه از بدن	انحراف معیار ± میانگین	چشم	انحراف معیار ± میانگین	تمام بدن	محدوده شدت
جوشکاری با گاز محافظ	۵	۰/۴۸ ± ۰/۳۳	۰/۲ - ۱/۰۱	۰/۲۸ ± ۰/۱۴	۰/۲۱ - ۰/۵۵	محدوده شدت
جوشکاری توپودری	۵	۰/۲۴ ± ۰/۱۲	۰/۱۱ - ۰/۴۲	۰/۵۹ ± ۰/۰۵	۰/۵۹ - ۰/۶	محدوده شدت
جوشکاری با الکتروود روتیلی	۵	۰/۹۶ ± ۰/۲۵	۰/۶۶ - ۱/۳	۱/۱۶ ± ۰/۲۹	۰/۹۷ - ۱/۶۷	محدوده شدت
جوشکاری با الکتروود سلولزی	۵	۱/۲۵ ± ۰/۳۷	۰/۷۹ - ۱/۷۶	۳/۸۶ ± ۱/۰۵	۲/۵ - ۴/۹	محدوده شدت
جوشکاری با الکتروود قلیایی	۵	۰/۹۶ ± ۰/۳۹	۰/۳۹ - ۱/۴۵	۰/۵۷ ± ۰/۳۴	۰/۱۹ - ۱	محدوده شدت

ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد، میزان مواجهه کارآموزان با امواج فروسرخ بسیار پایین تر از حد مجاز شغلی می‌باشد. حد مجاز برای مادون قرمز جهت حفاظت از قرنیه و عدسی چشم برای مدت زمان‌های طولانی (۱۰۰۰ ثانیه و بالاتر) کمتر از ۱۰۰ وات بر متر مربع می‌باشد (۲۱).

باتوجه به نتایج به دست آمده از تعیین شدت پرتوهای عبوری از عینک‌های حفاظتی بر مبنای رابطه تعیین درجه تیرگی عینک‌های حفاظتی ذکر شده، درجه تیرگی عملی عینک‌های مورد استفاده در محدوده ۹/۷ الی ۱۰/۷ تعیین گردید. با توجه به نتایج بدست آمده بیشترین شدت امواج فرابنفش در جوشکاری با گاز محافظ تعیین شد. قدرت حفاظت‌دهی لباس در مواجهه با فرابنفش جهت محافظت پوست تحت عنوان فاکتور حفاظتی فرابنفش (Ultraviolet Protection Factor = UPF) بیان می‌گردد که در خصوص لباس جوشکاری می‌بایست توصیه گردد. براساس استاندارد EN 13758-1:2007 این فاکتور نشان دهنده درصد پرتو فرابنفش عبوری از لباس است که با سطح پوست تماس پیدا می‌کند (۲۰). میزان قدرت حفاظت‌دهی لباس بر مبنای فاکتور UPF مطابق با جدول ۲ است (۲۰).

جدول ۲: میزان قدرت حفاظت‌دهی لباس بر مبنای فاکتور UPF

حفاظت‌دهی فرابنفش لباس	میزان UPF	درصد جذب UV
متوسط	۱۰ الی ۱۹	۵/۱ الی ۱۰
بالا	۲۰ الی ۲۹	۵ الی ۳/۴
خیلی بالا	۳۰ الی ۴۹	۳/۳ الی ۲
فوق‌العاده بالا	بیشتر از ۵۰	کمتر از ۲

در مواجهه با پرتو فرابنفش ساطع شده از خورشید میزان UPF معادل ۳۰ توصیه شده است که حفاظت‌دهی مناسبی خواهد داشت.

نتایج آزمون آماری نشان داد شدت پرتو فرابنفش نزدیک در مواجهه با تمام بدن در انواع جوشکاری‌ها دارای اختلاف معنی‌داری است ( $Pvalue < 0/001$ ). بیشترین مقدار امواج فرابنفش برای هر دو ناحیه چشم و تمام بدن مربوط به جوشکاری برق سلولزی است.

جدول ۴: نتایج اندازه‌گیری امواج فرو سرخ در انواع جوشکاری‌ها بر حسب  $w/m^2$ 

انواع جوشکاری	تعداد مشاهدات برای هر ناحیه از بدن	چشم		تمام بدن	
		محدوده شدت	انحراف معیار $\pm$ میانگین	محدوده شدت	انحراف معیار $\pm$ میانگین
جوشکاری با گاز محافظ	۵	۳/۳۶ $\pm$ ۰/۷۷	۲/۶۲-۴/۵۲	۲/۲۷ $\pm$ ۰/۶۸	۱/۵۶-۲/۳۳
جوشکاری توپودری	۵	۰/۵۲ $\pm$ ۰/۰۷	۰/۴۲-۰/۶۱	۱/۸۱ $\pm$ ۰/۵۴	۱/۲۲-۲/۶
جوشکاری با الکتروود روتیلی	۵	۴/۳۸ $\pm$ ۰/۰۷	۳/۳-۵/۲	۶/۹۲ $\pm$ ۲/۴۵	۴/۱۶-۱۰/۸
جوشکاری با الکتروود سلولزی	۵	۳/۶۱ $\pm$ ۰/۹۸	۲/۲-۴/۶۶	۴/۴۸ $\pm$ ۲/۰۴	۲/۳-۷/۸
جوشکاری با الکتروود قلیایی	۵	۶/۶۶ $\pm$ ۲/۲۷	۴/۳۱-۹/۷	۶/۳۴ $\pm$ ۰/۹۳	۵/۲-۷/۸

نتایج آزمون آماری نشان داد شدت پرتو فرو سرخ در مواجهه با تمام بدن در انواع جوشکاری‌ها دارای اختلاف معنی‌داری است ( $P\text{value} < 0/001$ ). با توجه به نتایج بیشترین مقدار امواج فرو سرخ در جوشکاری برق می‌باشد.

### بحث

میدان‌های الکترومغناطیس می‌تواند به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مخاطره‌آمیز سلامت جوشکاران محسوب شود. نتایج اندازه‌گیری شدت میدان الکتریکی در انواع جوشکاری نشان داد که شدت این میدان در همه جوشکاری‌ها کمتر از حد مجاز مواجهه شغلی می‌باشد. بیشترین شدت میدان الکتریکی در جوشکاری برق با الکتروود رتیلی و کمترین شدت میدان الکتریکی در جوشکاری توپودری مشاهده شده است. نتایج اندازه‌گیری شدت میدان مغناطیسی نیز نشان داد که شدت این میدان در همه انواع جوشکاری کمتر از حد مجاز شغلی می‌باشد. بیشترین شدت میدان مغناطیسی در جوشکاری با گاز محافظ و کمترین میدان مغناطیسی در جوشکاری برق با الکتروود سلولزی می‌باشد. جوشکاری با برق، خود از نظر تکنولوژی مورد استفاده به چند دسته تقسیم می‌شود که یکی از تفاوت‌های آنها ولتاژ و آمپراژ مصرفی می‌باشد که متناسب با آن میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با شدت‌های مختلف ایجاد خواهند کرد. الکترودهای پوشش دار در یک قطر مشخص ولی با جنس پوشش مختلف در محدوده مختلفی از جریان مورد استفاده قرار می‌گیرند. این محدوده تا حد زیادی با ضخامت و جنس پوشش تغییر می‌کند. در بین الکترودهای موجود، الکترودهای سلولزی نیاز به آمپر کمتری داشته و الکترودهای قلیایی نیاز به آمپر بیشتری دارند (۲۲). همین عامل باعث شده در مطالعه حاضر میدان مغناطیسی جوشکاری با الکتروود

قلیایی بسیار بالاتر از جوشکاری با الکتروود سلولزی باشد. آمپر مورد استفاده برای جوشکاری با الکترودهای پوشش دار بین ۲۰ تا ۵۵۰ می‌باشد در حالی که این آمپر برای جوشکاری با گاز محافظ به دلیل سرد شدن جوش توسط  $CO_2$  بسیار بالاتر (۱۰۰ تا ۱۲۰۰ آمپر) است (۲۳). مان و همکاران، در مطالعه‌ای که بر روی شدت میدان مغناطیسی در انواع جوشکاری انجام داده اند، بیشترین شدت میدان مغناطیسی را در جوشکاری مقاومتی برآورد کردند که ۱۱۲ آمپر بر متر بوده است. در این مطالعه شدت میدان مغناطیسی در جوشکاری با گاز محافظ و جوشکاری برق با الکتروود پوشش دار، به ترتیب برابر ۷۲ و ۳۱ آمپر بر متر برآورد شده است (۶). نتایج مطالعه مان و همکاران از لحاظ بالاتر بودن میدان مغناطیسی جوشکاری با گاز محافظ نسبت به جوشکاری برق با الکتروود پوشش دار، شبیه مطالعه حاضر بوده است ولی شدت میدان‌ها در مطالعه ذکر شده به دلیل اندازه‌گیری شدت میدان مغناطیسی در فاصله ۱۵ سانتی متری، بسیار بالاتر از مطالعه حاضر بوده است. در مطالعه‌ای که رکنیان و همکاران بر روی تأثیر میدان‌های ELF بر پارامترهای خونی کارگران صنایع فلزی انجام داده اند، محدوده شدت میدان الکتریکی در کارگران جوشکاری را بین ۱/۰۲ تا ۱۱/۲۳ ولت بر متر و محدوده میدان مغناطیسی را ۰/۱۲ تا ۳/۲۵ میکروتسلا بیان کرده‌اند. بررسی پارامترهای خونی در این گروه از جوشکاران نشان داد که میانگین گلبول‌های سفید، حجم گلبول‌های قرمز و هموگلوبین به شکل معناداری افزایش یافته است (۲۴). در مطالعه‌ای که هاکانسون و همکاران بر روی مواجهه با میدان‌های مغناطیسی و وقوع سرطان انجام دادند، مشخص شد که مردان با مواجهه بالا، افزایش وقوع تومور کلیه، غده هیپوفیز، کیسه صفرا و



می‌شود (۱۴).

نتایج اندازه‌گیری امواج فروسرخ نیز در انواع جوشکاری‌ها نشان داد که شدت امواج فروسرخ در همه جوشکاری‌ها بسیار پایین‌تر از حد مجاز شغلی می‌باشد. باین‌حال شدت این امواج در جوشکاری‌های برق با الکتروپوشش دار بالاتر از جوشکاری‌های با گاز محافظ می‌باشد. دمای قوس در جوشکاری با الکتروپوشش دار به ۴۵۰۰ تا ۵۵۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد که سبب ایجاد امواج فروسرخ می‌شود ولی در جوشکاری با گاز محافظ به دلیل سرد شدن جوش توسط CO<sub>2</sub>، امواج فروسرخ کمتری ایجاد می‌گردد (۲۸).

میزان UPF لباس کارآموزان جوشکار معادل ۳۰ تعیین گردید که مطابق با جدول ۳ نشان دهنده درصد عبور بیشتر پرتو فرابنفش بود. بیلی میس در مطالعه ای میزان انتقال پرتو را در شش نوع پارچه اندازه‌گیری کرد. نتایج این مطالعه نشان داد کمترین درصد انتقال تابش در پارچه پلی استر سفید بافته شده به میزان ۰/۳ درصد بوده است (۲۹). مقایسه درصد انتقال تابش مورد نیاز و انتقال تابش به دست آمده از مطالعه بیلی میس نشان می‌دهد که انتخاب جنس مناسب پارچه‌های مورد مطالعه می‌تواند میزان پرتو را به حد قابل قبول برساند. بنابراین جهت دستیابی به حفاظت دهی بیشتر در مشاغل مثل جوشکاری استفاده از لباس با میزان UPF معادل ۵۰ پیشنهاد می‌شود. از جمله عوامل مؤثر بر UPF لباس می‌توان به جنس لباس، فشردگی بافت یا دانسیته، رنگ لباس، گشاد بودن یا تنگی لباس و خشکی یا خیس بودن لباس اشاره کرد (۲۹).

با توجه به موارد توصیه شده در منابع علمی، استفاده از پارچه با جنس کتان خالص و بافت فشرده و رنگ‌های روشن‌تر جهت دواخت لباس کار جوشکاران می‌تواند حفاظت دهی مطلوبی را ایجاد نماید. باین‌حال لزوم وجود بر چسب قدرت حفاظت دهی فرابنفش برای لباس‌های کار موجود در بازار کشور نیز ضروری به نظر می‌رسد.

علاوه براین با توجه به اهمیت حفاظت سطح پوست در مواجهه مداوم با پرتو UV استفاده از سپرهای جوشکاری با درجه تیرگی مناسب جهت حفاظت چشم و پوست صورت بطور همزمان می‌تواند جایگزین استفاده از عینک حفاظتی گردد. همچنین سطح پوست در ناحیه گردن و مچ دست را نیز می‌توان با استفاده از کرم‌های حفاظتی با فاکتور محافظتی آفتاب (Sun Protective Factor = SPF) مناسب

کبد را نشان دادند که ارتباط بین مواجهه و پاسخ نیز آشکار شد. در گروه زنان با مواجهه بالا نیز افزایش وقوع آستروسیتوما با یک الگوی مواجهه - پاسخ واضح مشاهده شد (۲۵). داسداگ و همکاران در مطالعه اثرات میدان‌های مغناطیسی با فرکانس فوق‌العاده پایین بر روی پارامترهای خونی و ایمونولوژیکی در جوشکاران، دریافتند که برخی از پارامترهای خونی و ایمونولوژیکی تحت مطالعه در هر دو گروه مورد و شاهد مشابه بود. این نتایج نشان می‌دهد که میدان‌های مغناطیسی با فرکانس فوق‌العاده پایین، اثری بر روی پارامترهای خونی و ایمونولوژیکی در جوشکاران ندارد (۵).

نتایج اندازه‌گیری پرتو فرابنفش متوسط نشان داد میزان این امواج در همه جوشکاری‌ها بسیار بالاتر از حد مجاز شغلی می‌باشد به‌طوری‌که مواجهه با این امواج بدون حفاظ چشم فقط برای چند ثانیه مجاز می‌باشد. بیشترین میزان این امواج در جوشکاری با گاز محافظ می‌باشد که بیش از ۴۰۰۰ برابر حد مجاز شغلی می‌باشد و کمترین میزان این امواج در جوشکاری برق با الکتروپوشش می‌باشد که ۱۲۰۰ برابر حد مجاز شغلی می‌باشد. نتایج اندازه‌گیری امواج فرابنفش نزدیک نیز نشان داد میزان این امواج در جوشکاری‌های برق بالاتر از حد مجاز شغلی می‌باشد. میزان امواج فرابنفش در جوشکاری برق با الکتروپوشش حدوداً ۲/۷ برابر حد مجاز شغلی می‌باشد که زمان مجاز مواجهه با این امواج را تا ۲/۲۲ ساعت کاهش می‌دهد. در جوشکاری با گاز محافظ، گاز بی اثر مانع از اکسیداسیون فلز مذاب در هوا می‌شود که این جریان گاز بی اثر می‌تواند باعث تغییر در ویژگی‌های اشعه ساطع شده شود که سبب تهدید بیشتر برای این جوشکاری نسبت به سایر جوشکاری‌ها می‌شود (۲۶). اوکونو و همکاران (۲۰۰۱) امواج فرابنفش را در جوشکاری با گاز محافظ اندازه‌گیری کردند. میزان این امواج در فاصله ۱ متری بین ۰/۲۸ تا ۷/۸۵ وات بر متر مربع بوده است (۲۷). نتایج این مطالعه شبیه مطالعه ما بوده است. کارای و همکاران در مطالعه ای تأثیر پرتوهای UV را بر روی تغییرات مورفولوژیک آندوتلیال قرنیه در گروهی از جوشکاران بررسی کردند. نتایج نشان داد تابش های UV نه فقط به اپیتلیوم قرنیه، بلکه به آندوتلیال نیز آسیب می‌رساند و اعتقاد بر این است که این نوع تابش موجب تغییرات پلئومورفیک (کاهش در جمعیت سلول های هگزگونال)، سپس افزایش میانگین اندازه سلول

حداقل ۵۰ پوشش‌دهی نمود.

### نتیجه گیری

با توجه به اینکه مواجهه شغلی جوشکاران با امواج فرابنفش بیشتر از حد مجاز شغلی قرار داشت، استفاده مداوم از وسایل حفاظت فردی (لباس و عینک) با مشخصات استاندارد ارائه شده جهت پیشگیری از مواجهه بیش از حد مجاز ضروری به نظر می‌رسد. درجه تیرگی عینک‌های حفاظتی در حد مطلوبی قرار داشت. باین‌حال قدرت

حفاظت‌دهی لباس جوشکاران نامطلوب تعیین گردید. بنابراین جهت دستیابی به حفاظت‌دهی بیشتر در مشاغلی مثل جوشکاری استفاده از لباس با میزان UPF معادل ۵۰ پیشنهاد گردید. همچنین اجرای برنامه‌های آموزشی و اطلاع‌رسانی درخصوص عوارض پرتوهای غیریونساز برای کارفرمایان و کارگران جهت بکارگیری اصول حفاظتی می‌تواند اثربخشی تدابیر حفاظتی را افزایش دهد.

### منابع

1. Zamanian Z, Gharepoor S, Dehghany M. Effects of magnetic field on mental health staff employed in gas power plant, Shiraz, 2008. *Int J Occup Environ Med*. 2010;7(3):28-34. [Persian]
2. Polk C, Postow E. Handbook of biological effects of electromagnetic fields: CRC press; 1996.
3. Floderus B, Stenlund C, Persson T. Occupational magnetic field exposure and site-specific cancer incidence: a Swedish cohort study. *Eur J Cancer Prev*. 1999;10(5):323-332.
4. Feychting M. Health effects of static magnetic fields-a review of the epidemiological evidence. *Prog Biophys Mol Biol*. 2005;87(2):241-246.
5. Dasdag S, Sert C, Akdag Z, Batun S. Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on hematologic and immunologic parameters in welders. *Archives of Medical Research*. 2002;33(1):29-32.
6. Man A-K, Shahidan R. Variations in occupational exposure to magnetic fields among welders in Malaysia. *J Radiol Prot*. 2008;128(4):444-448.
7. Stuchly M, Lecuyer D. Exposure to electromagnetic fields in arc welding. *Health Physics*. 1989;56(3):297-302.
8. Bowman JD, Garabrant DH, Sobel E, Peters JM. Exposures to extremely low frequency (ELF) electromagnetic fields in occupations with elevated leukemia rates. *J Occup Environ Hyg*. 1988;3(6):189-194.
9. Dasdag S, Sert C, Akdag Z, Batun S. Effects of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields on Hematologic and Immunologic Parameters in Welders. *Archives of Medical Research*. 2002;33:29-32.
10. Okuno T, Ojima J, Saito H. Ultraviolet radiation emitted by CO2 arc welding. *J Occup Environ Hyg*. 2001;45(7):597-601.
11. Bergmanson JP. Corneal damage in photokeratitis-why is it so painful? *J Occup Environ Hyg*. 1990;67(6):407-13.
12. Doughty MJ, Cullen AP. Long-term effects of a single dose of ultraviolet- b on albino rabbit cornea-i. In vivo analyses. *Photochemistry and Photobiology*. 1989;49(2):185-196.
13. Olsen EG, Ringvold A. Human cornea endothelium and ultraviolet radiation. *Acta Ophthalmologica*. 1982;60(1):54-56.
14. Karai I, Matsumura S, Takise S, Horiguchi S, Matsuda M. Morphological change in the corneal endothelium due to ultraviolet radiation in welders. *Br J Ophthalmol*. 1984;68(8):544-548.
15. ICNIRP. Protection of Workers against Ultraviolet Radiation, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Health Physics Society; 2010.
16. IEEE-C95.6. Standard for Safety Levels With Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0-3 kHz. Defines exposure levels to protect against adverse effects in humans from exposure to electric and magnetic fields at frequencies from 0 to 3 kHz; 2002.
17. Health Canada. Limits of human exposure to radiofrequency electromagnetic energy in the frequency range from 3 kHz to 300 GHz Ottawa: authority of the Minister of Health; 2009.
18. ANSI Z87.1. Practice for Occupational and Educational Eye and Face Protection; 2003.
19. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz TO 100 kHz), Health Physics Society; 2010
20. EN 13758-1. Textiles-Solar UV protective properties, Part 1: Method of test for apparel fabrics; 2007.



21. ICNIRP. ICNIRP statement on far infrared radiation exposure, Health Physics Society; 2006.
22. Kearns W. Welding Processes: Arc and Gas Welding and Cutting, Brazing, and Soldering. 7th ed. Florida: American Welding Society; 1978.
23. Sowards J, Lippold J, Dickinson D, Ramirez A. Characterization of welding fume from SMAW electrodes-part I. Welding Journal-New York. 2008;87(4):106-110.
24. Roknian M, Nasiri P, Zeraati H. Evaluation Of Extremely Low Frequency (ELF) Electromagnetic fields and their probable relationship with hematological changes among operators in heavy metal industry. Iranian Journal Of Medical Physics. 2009;6(3-4):47-57. [Persian]
25. Håkansson N, Floderus B, Gustavsson P, Johansen C, Olsen J. Cancer incidence and magnetic field exposure in industries using resistance welding in Sweden. Occupational and Environmental Medicine. 2002;59(7):481-486.
26. Brittain G. Retinal burns caused by exposure to MIG-welding arcs: report of two cases. British Journal of Ophthalmology. 1988;72(8):570-575.
27. Okuno T, Ojima J, Saito H. Ultraviolet radiation emitted by CO2 arc welding. Annals of Occupational Hygiene. 2001;45(7):597-601.
28. Christensen N, Davies VdL, Gjermundsen K. Distribution of temperatures in arc welding. British Welding Journal. 1995;12(2):54-75.
29. Bilimis Z. Measuring the UV protection factor (UPF) of fabrics and clothing, Application Note, Agilent Technologies, Inc., Australia. 2011.

## Study of occupational exposure to non-ionizing radiations and the effectiveness of personal protective equipment in common arc welding processes

Amir Aliabadi<sup>1</sup>, Ghasem Hesam<sup>2</sup>, Zahra Moradpour<sup>3\*</sup>

Received: 12/08/2014

Accepted: 21/01/2015

### Abstract

**Introduction:** Welding is considered to be one of the main sources of occupational exposure to non ionizing radiations. The present study was conducted to examine the rate of occupational exposure to non-ionizing radiation in common welding processes.

**Materials and Methods:** In the present descriptive analytical study, occupational exposure to different types of non-ionizing radiations including electromagnetic fields with extremely low frequency and ultraviolet and infrared radiations were examined in five types of arc welding processes at the welding department of the technical and vocational training center of Malayer. Electric field intensities and magnetic field intensities were measured using the HOLADAY HI-3604 instrument and based on the ANSI/IEEE Std 644-1994 method. Ultraviolet and infrared radiation intensities were measured using Hagner-EC1 radiometer (made in Sweden).

**Results:** Electric field intensities and magnetic field intensities were lower than the exposure limits in the different types of welding processes examined. Nevertheless, the intensity of UV-B radiation exposure was higher than the exposure limits in the different types of welding processes examined, while UV-A radiation exposure was only higher than the exposure limits in arc welding. The results of measuring UV radiation intensities transmitted through protective goggles revealed the acceptable shade number of the lenses used. However, welders' clothing did not provide adequate protection. Moreover, the results showed that welders' infrared radiation exposure degree was much lower than the exposure limits.

**Conclusion:** The intensity of exposure to non-ionizing radiations was influenced by the type of welding process taken. Given the overexposure of welders to UV-B radiation in unshielded conditions, wearing clothes with an Ultraviolet Protection Factor of 50 is necessary for providing better protection.

**Keywords:** Non-ionizing radiations, Welding processes, Occupational exposure

1. MSc student of Material Engineering, School of Metallurgy and Materials Engineering, Tehran University, Tehran, Iran.
2. Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shahrood University of Medical Sciences, Shahrood, Iran.
- 3\*. **(Corresponding Author)** MSc student of Occupational Hygiene, Faculty of public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. Email: zm.moradpoor1989@yahoo.com